

Beschreibung

Optimierung der Verkehrsverteilung bei Mehrwegerouting

- 5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Verbesserung der Verkehrsverteilung in einem mit Knoten und Links gebildeten Kommunikationsnetz mit Mehrwegerouting.

- Der Erfindungsgegenstand besitzt Relevanz für das Gebiet der Netzwerktechnologien, insbesondere das der Internettechnologie, und das der Vermittlungstechnik.
- 10

- Vor allem bei paketbasierten Netzen, wie beispielsweise dem IP (Internet Protocol) Netz, spielt so genanntes Mehrwegerouting eine immer wichtigere Rolle. Mehrwegerouting bedeutet, dass Verkehr zu einem Ziel über mehrere Routen bzw. Wege verteilt wird und so zu dem Ziel geleitet wird. Mehrwegerouting hat den Vorteil einer geringeren Störanfälligkeit und erlaubt häufig eine bessere Verkehrsverteilung.
- 15

- Das derzeit wohl am weitesten verbreitete Verfahren für Mehrwegerouting in paketbasierten Netzen ist das auf das OSPF (Single Shortest Path Routing) Protokoll aufsetzende ECMP (Equal Cost Multi Path) Verfahren. Im Rahmen dieses Verfahrens werden zu einem Ziel mehrere im Sinne einer Metrik äquivalente Pfade bestimmt und der Verkehr an einem Knoten auf die zu dem Ziel führenden Ausgangslinks gleichmäßig verteilt.
- 20
- 25

- Die Erfindung hat zur Aufgabe, ein Verfahren zur optimierten Verkehrsverteilung in Kommunikationsnetzen mit Mehrwegerouting anzugeben.
- 30

Die Aufgabe wird durch den Anspruch 1 gelöst.

- 35 Die Erfindung basiert auf der Idee, Verteilgewichte für die Verteilung von Verkehr auf mehrere Pfade zu einem Ziel einzuführen und diese Verteilgewichte im Sinne einer optimierten

Verkehrsverteilung anzupassen. Ein Verteilgewicht ist dabei ein Maß für die relative Verkehrslast, welche über einen Link, dem das Verteilgewicht zugeordnet wird, transportiert wird. Es wird dabei von einem Kommunikationsnetz mit Mehrwe-
5 gerouting ausgegangen, welches mit Knoten und Links gebildet ist. Mehrwegerouting bedeutet dabei, dass ein Knoten des Kommunikationsnetzes eine Mehrzahl von abgehenden Links aufweist, welche verschiedene Möglichkeiten für das Routing zu einem festen Ziel darstellen. Ein Ziel ist beispielsweise
10 durch eine Adresse oder eine Menge von Adressen bestimmt, wobei bei einer Menge von Adressen das Routing innerhalb des Kommunikationsnetzes für diese Adressen gleich ist. Ein Ziel kann beispielsweise durch einen Randknoten oder Randrouter gegeben sein, zu welchem aller Verkehr oder alle Datenpakete
15 mit bestimmten Adressen geroutet werden. Das Kommunikationsnetz kann prinzipiell ein Festnetz oder ein Mobilnetz sein.

Erfindungsgemäß werden die Verteilgewichte für die Verteilung des Verkehrs auf die für das Routing zu dem Ziel verwendbaren
20 Links nach Maßgabe der Last oder Verfügbarkeit der einzelnen Links angepasst. Die Last bzw. Verfügbarkeit wird durch einen Parameter beschrieben und je nachdem, welchen Wert dieser Parameter für einen Link besitzt, wird das Verteilgewicht dieses Links relativ zu den anderen Verteilgewichten erhöht oder
25 erniedrigt. Dieser Parameter kann beispielsweise die absolute Verkehrslast, die auch die Linkbandbreite bezogenen relative Verkehrslast, etwaige bei der Linkbenutzung anfallende verkehrsabhängige Kosten, die Linkverfügbarkeit, die Laufzeit von Verkehr auf dem jeweiligen Link oder die Belastbarkeit
30 der Endknoten des jeweiligen Links bezeichnen.

Die Anpassung der Verteilgewichte wird so vorgenommen, dass Verteilgewichte von Links mit einem höheren Parameterwert relativ zu den Verteilgewichten der anderen Links erniedrigt
35 werden. Wenn beispielsweise der Parameter durch die Verkehrslast auf dem jeweiligen Link gegeben ist, wird das Verteilgewicht eines im Vergleich zu den anderen Links stärker be-

lasteten Link erniedrigt, d.h. weniger Verkehr wird auf diesen Link verteilt. Die Konsequenz ist eine Umverteilung von Verkehr von belasteten Links zu weniger belasteten Links. Als Bezugspunkt für die Anpassung bzw. Änderung der Verteilgewichte kann der Mittelwert des Parameters genommen werden. Je nachdem, ob der Parameter für einen Link eine positive oder eine negative Abweichung vom Mittelwert besitzen, kann das zugehörige Verteilgewicht erniedrigt bzw. erhöht werden. Diese Erhöhung bzw. Erniedrigung von Verteilgewichten kann proportional zum Abstand des Parameters für den jeweiligen Link zum Mittelwert durchgeführt werden.

Gemäß einer Weiterbildung wird die Anpassung von Verteilgewichten iterativ durchgeführt, wobei in jedem Schritt eine Anpassung der Verteilgewichte vorgenommen wird. Dieses iterative Vorgehen kann folgendermaßen vor sich gehen:

- Die Verteilgewichte werden mit Startwerten initialisiert
- Eine feste Anzahl von Iterationen wird durchgeführt
- Die sich nach der Anzahl der Iterationen ergebenden Verteilgewichte werden für das Routing in dem Kommunikationsnetz zu dem Ziel verwendet

Es kann sinnvoll sein, in dem iterativen Verfahren bei der Änderung der Verteilgewichte eine von der Nummer der Iteration abhängige Dämpfungsgröße zu verwenden, welche eine mit der Anzahl der Iterationen zunehmende Verringerung der Änderung von Verteilgewichten bewirkt. Durch diese Dämpfungsgröße werden Situationen wie z.B. ein Oszillieren eines Verteilungsgewichts zwischen zwei Werten verhindert.

Eine Weiterbildung dieses iterativen Vorgehens ist dadurch gegeben, dass man die Belastung von folgenden Knoten durch den umverteilten Verkehr berücksichtigt. Wenn der Parameter bei der ersten Iteration durch die absolute Verkehrslast oder die auf die Bandbreite bezogene relative Verkehrslast gegeben ist, kann dies durch eine Änderung des Wertes des Parameters

nach jeder Iteration für die darauf folgende Iteration erreicht werden. Der Wert des Parameters wird dann in einer Weise verändert, die die Auswirkung der Umverteilung des Verkehrs auf folgende Knoten bzw. Links berücksichtigt. Diese

5 Veränderung kann beispielsweise geschehen, indem zu dem Parameter ein Wert dazu addiert wird, welcher durch den mit einem Faktor multiplizierten über den betrachteten Link zu dem Ziel transportierten Verkehr gegeben ist. Durch diese Maßnahme wird bewirkt, dass der bereits über den jeweiligen Link zu

10 dem Ziel transportierte Verkehr berücksichtigt wird. Sie wirkt einer übermäßigen Erhöhung dieses Anteils entgegen. Wenn beispielsweise der gesamte über einen Link geführte Verkehr relativ gering ist, der zu dem Ziel geführte Verkehr dagegen einen hohen Anteil davon ausmacht, bewirkt die Veränderung

15 des Parameters, indem eine Größe proportional des über diesen Link zu dem Ziel geführten Verkehrs addiert wird, dass die Parameter für diesen Wert schneller zum Mittelwert hin konvergiert und folglich weniger Verkehr auf diesen Link umverteilt wird (der Mittelwert muss dabei nach jeder Veränderung

20 der Parameter neu berechnet werden). Dass weniger Verkehr auf diesen Link umverteilt wird, ist sinnvoll im Hinblick auf diesen Link nachfolgende Knoten bzw. Links, deren gesamte Verkehrsbelastung nicht notwendigerweise ebenso niedrig ist, wie die des betrachtenden Links.

25

Das erfindungsgemäße Verfahren kann für alle Knoten des Kommunikationsnetzes, an den Verkehrsverteilung vorgenommen wird, durchgeführt werden, so dass im ganzen Kommunikationsnetz die Verkehrsverteilung verbessert wird. Ebenso ist es

30 sinnvoll, dass Verfahren nicht nur für die Wege zu einem Ziel, sondern für alle für das Routing innerhalb des Netzes unterschiedene Ziele durchzuführen. „Innerhalb des Netzes unterschiedene Ziele“ bedeutet dabei, dass diese Ziele nicht notwendigerweise eins zu eins den für das Routing des Verkehrs verwendeten Zielinformationen entsprechen. Beispielsweise

35 gibt es im Internet eine sehr hohe Anzahl von Adressen, von denen in einem Kommunikationsnetz, welches ein Teilnetz

des Internets bildet, eine Vielzahl zu einem Routing innerhalb des Kommunikationsnetzes führt, welches identisch ist, d.h. den gleichen Eingangs- und Ausgangsknoten aufweist. Das Routing für diese Vielzahl von Adressen wird sinnvoller Weise
5 im Rahmen des Verfahrens als ein einziges Ziel interpretiert.

Wenn der Parameter ein Maß ist für die Verkehrsbelastung, dann sollte bei Beginn des Verfahrens die entsprechende Verkehrsbelastung bekannt sein. Das Verkehrsaufkommen innerhalb
10 des Netzes kann beispielsweise gemessen oder mittels der so genannten Verkehrsmatrix, welche angibt, wie viel Verkehr zwischen einem Quell- und einem Zielknoten zu befördern ist, berechnet werden. Eine Neubestimmung des Verkehrsaufkommens innerhalb des Netzes, und damit der Verkehrsbelastung der
15 Links, kann bei dem Verfahren in verschiedenen Phasen gemacht und für die weitere Durchführung des Verfahrens verwendet werden.

- Bei iterativem Vorgehen kann nach jeder Iteration zur Änderung der Verteilgewichte eine Neubestimmung des Verkehrsaufkommens vorgenommen werden.
20
- Es kann nach der Bestimmung der Linkkosten für einen Knoten eine Neubestimmung des Verkehrsaufkommens vorgenommen werden, bevor eine entsprechende Bestimmung der Linkkosten für den nächsten Knoten vorgenommen wird.
- 25 • Es kann eine Neubestimmung des Verkehrsaufkommens vorgenommen werden, nachdem für alle Routen zu einem Ziel die erfindungsgemäße Anpassung der Linkkosten vollzogen wurde.
- 30 • Es ist sinnvoll, nach Abschluss des Verfahrens und Bestimmung aller Linkkosten eine Neubestimmung des Verkehrsaufkommens vorzunehmen und die endgültige Verkehrsverteilung im Netz zu berechnen.

35 An welchen Stellen, und ob während des Verfahrens eine Neuberechnung der Verkehrsverteilung und deren Verwendung für die Verfahren durchgeführt wird, hängt von dem Kommunikationsnetz, der Topologie des Kommunikationsnetzes und

auch der zur Verfügung stehenden Rechenleistung ab. Das Verfahren kann auf Routern als Software implementiert werden, beispielsweise ist an Internetrouter zu denken, die Equal Cost Multi Path (ECMP) unterstützen.

5

Das erfindungsgemäße Verfahren wird im Folgenden im Rahmen eines Ausführungsbeispiels anhand einer Figur näher erläutert.

- 10 Bei dem Ausführungsbeispiel wird von einem IP-Netz und von ECMP Mehrwegerouting ausgegangen. Zu Beginn werden mittels des ECMP-Protokolls bzw. des OSPF-Protokolls Least-Cost-Pfade für das Routing innerhalb des Netzes anhand einer Metrik berechnet. Wie beim ECMP-Verfahren vorgesehen, werden für Knoten, welche zwei oder mehr im Sinne der Metrik äquivalente
- 15 Least-Cost-Pfade zu einem Ziel haben, alle oder zumindest ein Teil dieser Least-Cost-Pfade für das Routing verwendet. Es ist möglich bei einer Vielzahl alternativer Least-Cost-Pfade die Anzahl der verwendeten Pfade zu beschränken, um für
- 20 gleichmäßigere Bedingungen innerhalb des Netzes zu sorgen. Nach der Berechnung der Pfade können Verteilgewichte eingeführt und mit initialen Werten belegt werden. Die anfänglichen Verteilgewichte werden so festgelegt, dass eine Gleichverteilung auf alle möglichen Wege stattfindet. Sinnvollerweise werden im Rahmen des Verfahrens die Verteilgewichte auf
- 25 1 normiert, so dass die Startwerte für die Verteilgewichte bei einem Knoten, der für ein Ziel n-Wege-Alternative hat, gleich $1/n$ sind.
- 30 Im Rahmen des Ausführungsbeispiels werden drei Schleifen durchlaufen: die äußerste Schleife durchläuft alle möglichen Ziele für Routing innerhalb des Netzes. Die zweite, von dem Ziel abhängige Schleife durchläuft sämtliche Knoten, die bei dem Routing zu dem jeweiligen Ziel involviert sind. Die dritte
- 35 Schleife entspricht einer iterativen Veränderung der Verteilgewichte für einen bestimmten Knoten und ein bestimmtes Ziel. Die Anzahl dieser Iterationen beträgt beispielsweise 10

bis 100. Als Input für diese Iterationen wird das Verkehrsaufkommen auf den einzelnen Links innerhalb des Netzes verwendet. Dies kann beispielsweise berechnet oder anhand bekannter, an den Netzgrenzen ein- und austretenden Verkehrsmengen mittels der Verkehrsmatrix berechnet werden. Die iterative Anpassung der Verteilgewichte wird anhand der Figur näher dargestellt. In der Figur ist ein Knoten J dargestellt, sowie Links auf denen Verkehr zu anderen Knoten K1, K2 und K3 zu einem bestimmten Ziel verteilt werden können. Die Verteilung erfolgt nach Maßgabe der Verteilgewichte $W(J, K1, D)$... $W(J, K3, D)$. Diese Verteilgewichte hängen zusätzlich von dem jeweiligen Ziel D (D steht für Destination) ab (äußerste Schleife) ab. Die Anpassung dieser Verteilgewichte ist abhängig von dem gesamten, über den jeweiligen Link transportierten Verkehr. Dieser Verkehr wird mit $TRAF(K1)$... $TRAF(K3)$ (in der Figur nicht eingezeichnet) bezeichnet. Der Mittelwert des über die Links zu den Knoten K1 bis K3 transportierten Verkehrs wird mit $TRAF_AV$ bezeichnet. Bei jeder Iteration berechnen sich nun die neuen Verteilgewichte für $K \in \{K1, K2, K3\}$ wie folgt:

$$W(J, K, D)_{NEU} = W(J, K, D)_{ALT} - (TRAF(K) - TRAF_AV) / TRAF_AV \times DELTA$$

DELTA ist dabei eine zweckmäßig gewählte Verstellgröße bzw. Dämpfungsgröße, die gleich $1 : n_IT$ ist, wobei n_IT gleich der Nummer der Iteration ist. DELTA hat den Effekt, dass bei höheren Iterationen die Änderung der Verteilgewichte gedämpft und so Oszillationen vermieden werden. Bei der obigen Formel durchläuft der Index K die Werte K1 bis K3, d.h. die Verteilgewichte für die von im Knoten J wegführenden Links zu dem Ziel werden angepasst. Ergibt sich bei der Iteration ein Wert von $W(J, K, D)_{NEU} < 0$ so wird $W(J, K, D) = 0$ gesetzt. Ergibt sich $W(J, K, D)_{NEU} > 1$, so wird $W(J, K, D) = 1$. Anschließend werden die $W(J, K, D)$ so normiert, dass ihre Summe 1 ergibt. Durch die obige Formel wird eine Verkehrsumverteilung zwischen den Links zu den Knoten K1 bis K3 bewirkt, welche Links mit hohem Verkehrsaufkommen entlasten und Links mit niedrigem Verkehrsauf-

kommen stärker belasten. Im Rahmen des Ausführungsbeispiels können auch unterschiedliche Linkbandbreiten berücksichtigt werden. Man verwendet dann die relative Verkehrslast auf den Links anstelle des absoluten Verkehrs, also den auf die Linkbandbreite bezogenen Verkehrswert. Dadurch wird in einfacher Weise die Berücksichtigung von unterschiedlichen Linkbandbreiten möglich. In der obigen Formel sind dann anstatt der TRAF(K) die auf die Bandbreite B(K) bezogenen relativen Werte TRAF(K)/B(K) zu verwenden und TRAF_AF ergibt sich dann als Summe über diese relativen Werte.

Gemäß einer Weiterbildung kann auch die Belastung von nachfolgenden Knoten auf folgende Weise berücksichtigt werden. Dazu werden für jede Iteration neue Werte für die TRAF(K) berechnet, indem

$$\text{TRAF}(K)_{\text{NEU}} = \text{TRAF}(K)_{\text{ALT}} + \text{ALPHA} \times T(K), \quad K \in \{K1, K2, K3\},$$

gesetzt wird. Dabei ist Alpha ein Faktor zwischen 0,5 und 2 und T(K) der bereits vorhandene Verkehr des Knotens K zu dem Ziel. Die Werte TRAF(K)_{neu} werden dann an der Stelle der alten Werte für die nächste Iteration verwendet. Der Durchschnitt der Werte TRAF(K)_{neu} muss dann für die nächste Iteration ebenfalls berechnet werden. Durch diese Weiterbildung wird die Belastung der nachfolgenden Knoten K1 bis K3 durch die Umverteilung berücksichtigt, um zu verhindern, dass das lokale Optimum der Verkehrsverteilung im Knoten J durch die Verkehrs-umverteilung einen der Knoten K1 bis K3 in Bedrängnis bringt. D.h. der Verkehr der einzelnen Knoten in Richtung Ziel wird berücksichtigt. Die Modifikation im Rahmen dieser Weiterbildung veranlasst, dass Knoten mit einer geringen Gesamtverkehrsbeaufschlagung nicht mit zu viel neuem Verkehr in Richtung Ziel beaufschlagt werden, der dann von den Folgeknoten weiter verteilt werden muss. Die Veränderung wirkt also dem entgegen, dass sich Verkehr zu einem Ziel auf einen Link konzentriert, welcher im Vergleich zu den anderen Links eine ge-

ringere, evtl. deutlich geringere, gesamte Verkehrslast trägt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Verbesserung der Verkehrsverteilung in einem mit Knoten (j, k1, k2, k3) und Links gebildeten Kommunikationsnetz mit Mehrwegerouting, wobei ein Knoten (j) des Kommunikationsnetzes eine Mehrzahl von abgehenden Links aufweist, welche Wegealternativen für das Routing zu einem Ziel korrespondieren und auf welche Verkehr zu dem Ziel verteilbar ist, demgemäss
- 5
- 10 - Verteilgewichte ($w(j, k1, D)$, $w(j, k2, D)$, $w(j, k3, D)$) für die Verteilung des Verkehrs zu dem Ziel den abgehenden Links zugeordnet werden und
- die Verteilgewichte ($w(j, k1, D)$, $w(j, k2, D)$, $w(j, k3, D)$) nach Maßgabe eines die Last oder Verfügbarkeit der einzelnen Links
- 15 betreffenden Parameters angepasst werden, wobei bei zwei Links mit unterschiedlichen Parameterwerten das Verteilgewicht des Links mit dem höheren Parameterwert relativ zu dem Verteilgewicht des anderen Links erniedrigt wird.
- 20 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Verteilgewichte ($w(j, k1, D)$, $w(j, k2, D)$, $w(j, k3, D)$) nach Maßgabe der Abweichung des Wertes des Parameters für den jeweiligen Link von dem über die Mehrzahl abgehender Links genommenen Mittelwert für den Parameter angepasst werden.
- 25
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass für alle Links der Mehrzahl, deren Parameterwert vom Mittelwert abweicht, die Verteilgewichte ($w(j, k1, D)$, $w(j, k2, D)$, $w(j, k3, D)$) angepasst werden, wobei die Verteilgewichte von Links, deren Parameterwert über dem Mittelwert liegt, ernied-
- 30

rigt und Verteilgewichte von Links, deren Parameterwert über dem Mittelwert liegt, erhöht werden.

4. Verfahren nach Anspruch 3,

5 dadurch gekennzeichnet, dass

eine Erhöhung bzw. eine Erniedrigung von Verteilgewichten ($w(j,k1,D)$, $w(j,k2,D)$, $w(j,k3,D)$) proportional zum Abstand des Parameterwertes für den jeweiligen Link zum Mittelwert durchgeführt wird.

10

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass

- die Verteilgewichte ($w(j,k1,D)$, $w(j,k2,D)$, $w(j,k3,D)$) iterativ angepasst werden, wobei bei jedem Schritt eine Anpassung der Verteilgewichte ($w(j,k1,D)$, $w(j,k2,D)$, $w(j,k3,D)$) durchgeführt wird.

15

6. Verfahren nach Anspruch 5,

dadurch gekennzeichnet, dass

20 - die Verteilgewichte ($w(j,k1,D)$, $w(j,k2,D)$, $w(j,k3,D)$) mit Startwerten initialisiert werden,

- eine Anzahl von Iterationen durchgeführt wird und

- die sich nach der Anzahl der Iterationen ergebenden Verteilgewichte für das Routing in dem Kommunikationsnetz zu dem

25

Ziel verwendet werden.

7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6,

dadurch gekennzeichnet, dass

bei der Änderung von Verteilgewichten eine von der Nummer der Iteration abhängige Dämpfungsgröße verwendet wird, welche eine mit der Anzahl der Iterationen zunehmende Verringerung der Änderung von Verteilgewichten ($w(j,k1,D)$, $w(j,k2,D)$, $w(j,k3,D)$) bewirkt.

30

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 7,
dadurch gekennzeichnet, dass

- der Parameter bei der ersten Iteration durch die absolute

5 Verkehrslast oder die auf die Linkbandbreite bezogene relative Verkehrslast gegeben ist,

- der Wert des Parameters bei den Iterationen für die darauffolgende Iteration verändert wird, wobei die Veränderung den

über den Link zu dem Ziel transportierten Verkehr berücksichtigt.

10

9. Verfahren nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet, dass

- die Veränderung durch Addition des mit einem Faktor multiplizierten, über den Link zu dem Ziel transportierten Verkehr

15 erfolgt.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass

20 mittels sich ergebenden Verteilgewichte ($w(j,k1,D)$, $w(j,k2,D)$, $w(j,k3,D)$) eine Neuberechnung der Verkehrsverteilung in dem Kommunikationsnetz durchgeführt wird.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
25 dadurch gekennzeichnet, dass

das Verfahren für mehrere Knoten des Kommunikationsnetzes, an denen Verkehrsverteilung vorgenommen wird, durchgeführt wird.

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
30 dadurch gekennzeichnet, dass

das Verfahren für mehrere im Zuge des Routings innerhalb des Kommunikationsnetzes unterschiedene Ziele durchgeführt wird.

13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Parameter durch die absolute Verkehrslast, die auf die
Linkbandbreite bezogene relative Verkehrslast, bei der Link-
5 benutzung anfallende verkehrsabhängige Kosten, die Link-
Verfügbarkeit, die Laufzeit des jeweiligen Links oder die Be-
lastbarkeit der Endknoten des jeweiligen Links gegeben ist.
14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
10 dadurch gekennzeichnet, dass
die Verteilgewichte ($w(j,k1,D)$, $w(j,k2,D)$, $w(j,k3,D)$) eines
Knotens zu einem Ziel normiert werden und diese Normierung
bei Änderungen beibehalten wird.
- 15 15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Verteilgewichte ($w(j,k1,D)$, $w(j,k2,D)$, $w(j,k3,D)$) für ei-
ne Mehrwegerouting im Rahmen des ECMP (Equal Cost Multipath)
Verfahrens angepasst werden.
20
16. Router mit einem Computerprogramm zur Durchführung eines
Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 15.

1/1

